

ARTICULATED VEHICLE KINEMATICS

Matej Roman

Bachelor Degree Programme 3, FEEC VUT

E-mail: xzidom00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Lukáš Pohl

E-mail: pohl@feec.vutbr.cz

Abstract: The goal of this paper, is to create an articulated vehicle kinematics model in the Matlab Simulink program, to find equations of state of this system and implement them in the Simulink environment, and to simulate and demonstrate movement of the articulated vehicle on simple examples, typical for driving in reverse. In this paper, the articulated vehicle's kinematics will be described without taking its dynamics into account.

Keywords: articulated vehicle, kinematics model, off-axle hitching

1 ÚVOD

Tento článok sa zaoberá kinematikou súpravy vozidla s prívesom. Jeho matematický model bude popísaný v kapitole 2 a pomocou simulácie v kapitole 3 bude overená jeho funkčnosť. Model sa môže použiť napríklad na návrh riadenia pre parkovacieho asistenta. V dnešnej dobe je parkovací asistent súčasťou výbavy u väčšiny automobilov. Tento klasický asistent nám nepomôže zaparkovať s prívesným vozíkom. Dôvodom je obtiažna manévrovateľnosť pri cúvaní a stáva sa veľmi náročnou úlohou pre neskúsených šoférov. Na trhu je možnosť si zaobstarat' automobil s parkovacím asistentom napríklad od firmy Volkswagen, ktorý dokáže asistovať aj pri cúvaní s prívesom.

2 MODEL VOZIDLA S PRÍVESOM

Model bude obsahovať jedno vozidlo a jeden príves ako je vidieť na obrázku 1. Vozidlo má dĺžku L_1 a príves dĺžku L_2 . Spojené sú v jednom bode. Bod úchopu je od osi zadných kolies vozidla vzdialený o dĺžku h . Riadenie má dve vstupné veličiny - uhol natočenia predného kolesa α a rýchlosť vozidla v .

2.1 STAVOVÉ ROVNICE

Použité stavové veličiny sú označené $q = [x_p \ y_p \ \theta_2 \ \varphi]^T$. Premenná β je prepočítaný riadiaci uhol α .

Stavové rovnice pre kinematiku vozidla s prívesom [1]:

$$\dot{x}_p = v \cos \theta_2 \quad (1)$$

$$\dot{y}_p = v \sin \theta_2 \quad (2)$$

$$\dot{\theta}_2 = \frac{v \tan(\varphi + \beta)}{L_2} \quad (3)$$

$$\dot{\varphi} = -v \left(\frac{\tan(\varphi + \beta)}{L_2} + (\cos \varphi + \sin \varphi \tan(\varphi + \beta)) \frac{\tan \beta}{h} \right) \quad (4)$$


$$\beta = -\arctan\left(\frac{h}{L_1} \tan \alpha\right) \quad (5)$$

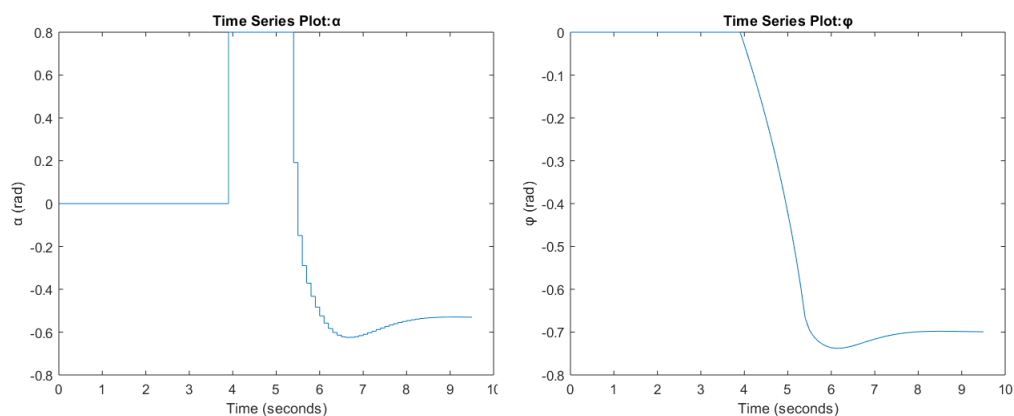
Stavové rovnice sú implementované v protredí Matlab Simulink, kde je možné model simulovať a otestovať jeho funkčnosť. Na vykresľovanie modelu som použil S-funkciu. Simulácia prebieha tak, že si užívateľ volí rýchlosť a riadiaci uhol. Rýchlosť je možné meniť pomocou slidera *Steering Velocity*, ktorý je v rozsahu od $\langle -2.0 \ 2.0 \rangle$ pričom záporná hodnota označuje cúvanie. Uhol natočenia je možné meniť pomocou slidera *Steering Angle*. Ten je približne v rozsahu -40 až 40 stupňov. Dĺžka vozidla je zvolená $L_1 = 12$, dĺžka prívěsu $L_2 = 10$ a dĺžka úchopu $h = 4$.

Okrem manuálneho ovládania je možnosť zapnúť automatické riadenie, ktoré nastaví uhol φ na požadovanú hodnotu φ_w . Použitý je PI regulátor, pričom požadovaná hodnota je obmedzená a môže mať len tri stavy: 0, -40 alebo 40 stupňov. V režime automatického riadenia nie je možné manuálne meniť riadiaci uhol α , len rýchlosť vozidla. Uhol α sa pri zápornej rýchlosti $v < 0$ riadi vzt'ahom:

$$\alpha(t) = K_r.(\varphi_w(t) - \varphi(t)) + K_i. \int_0^t (\varphi_w(t) - \varphi(t))dt \quad (6)$$

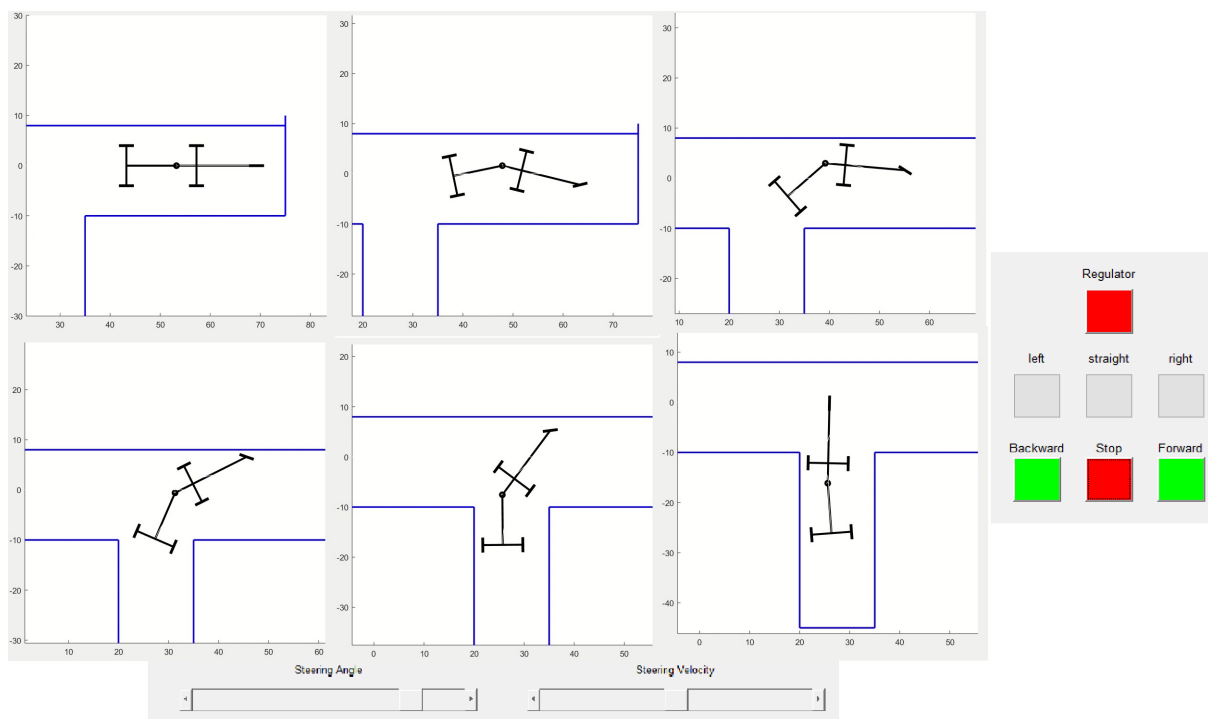
V prípade $v > 0$ musí mať vzt'ah 6 opačné znamienko. Zvolené konštanty pri simulácii sú $K_r = 5$ a $K_i = 0.5$.

Na obrázku číslo 2 sú grafy veličín súpravy pri cúvaní s požadovanou hodnotou $\varphi_w = 0,7$ rad. Po dobu 4 s sa nastaví rýchlosť $v = -2,5$ a požadovaná hodnota φ_w . Podľa grafu z obrázku č. 2 je vidieť, že riadiaci uhol α má po spustení najprv maximálnu hodnotu 0.8 rad. Príves sa za vozidlom správne zalomí a uhol α postupne prechádza k záporným (opačným) hodnotám, kým uhol φ medzi vozidlom a prívesom nedosiahne požadovanú hodnotu.

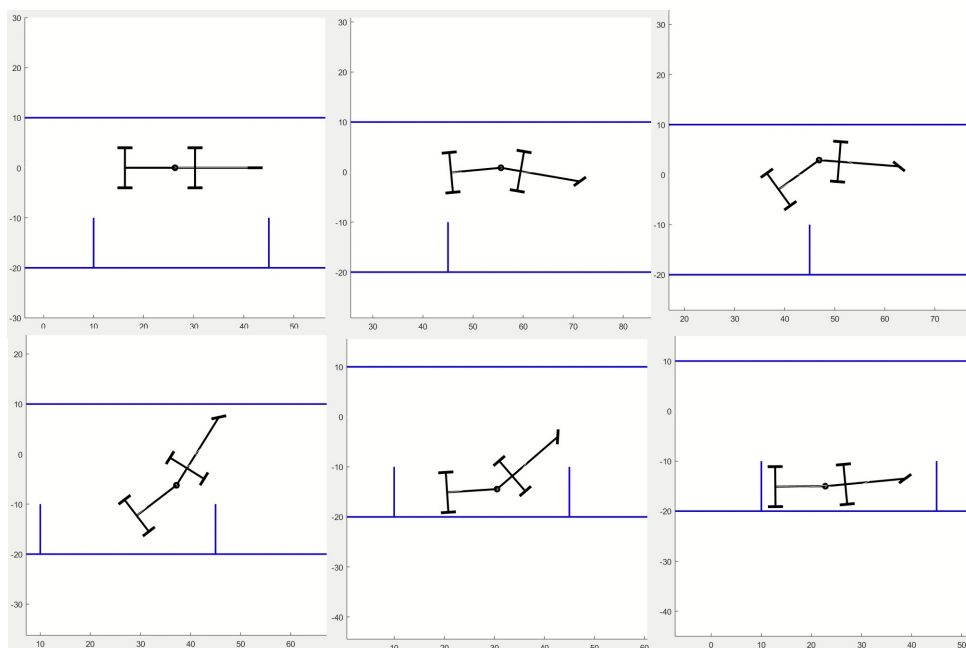


Obrázek 2: Priebehy veličín uhlov α a ϕ

Na obrázku číslo 3 je ukážka parkovania vozidla s príviesom. Pri simulácii je využívané jak manuálne tak automatické riadenie. Na obrázku vpravo je tiež možné vidieť rozhranie pre automatické riadenie. Stačí zapnúť tlačítko s nápisom *Regulator*. Pomocou *right*, *straight* a *left* je možné zmeniť uhol ϕ . Na obrázku číslo 4 je priebeh simulácie podĺžneho parkovania.



Obrázek 3: Simulácia vozidla s príviesom



Obrázek 4: Pozdĺžne parkovanie

4 ZÁVER

V tomto článku som ukázal jednu z možností modelovania kinematiky súpravy vozidla s prívesom. Stavové rovnice modelu sú implementované v prostredí Matlab Simulink. Výstupom je vykresľovanie pozície vozidla s prívesom pomocou S-funkcie. Do modelu je pridaná možnosť automatického riadenia uhlu medzi vozidlom a prívesom. V tejto práci som neoveroval stabilitu modelu pri riadení. Podľa výsledkov simulácie na obrázkoch 3 až 4 sa model chová podľa očakávania.

REFERENCE

- [1] PLAMEN PETROV. Nonlinear backward tracking control of an articulated mobile robot with off-axle hitching. *RECENT ADVANCES in SIGNAL PROCESSING, ROBOTICS and AUTOMATION*, pages 269–273, 2010.
- [2] Kosuke Kaida1 Tatsuya Yoshimoto1. Backward path following control of an articulated vehicle. *Proceedings of the 2013 IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, pages 48–49, dec 2013.
- [3] Masami Saeki. Path following control of articulated vehicle by backward driving. *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Control Applications*, pages 421–423, sep 2002.
- [4] JOHAN NILSSON SHANT ABRAHAM. Trailer parking assist (tpa). Master's thesis, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Gothenburg, Sweden, 2013, 2013.
- [5] Mitsuji Sampei. Arbitrary path tracking control of articulated vehicles using nonlinear control theory. *IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY*, 3(1):125–131, mar 1995.
- [6] J. MICHAEL FITZPATRICK and ÁKOS LÉDECZI. *COMPUTER PROGRAMMING WITH MATLAB*, 1st revised pdf edition, jun 2015.